

防衛大学校 ○(正) 森 雅美 防衛大学校 (正) 佐藤 紘志
防衛庁 4 研 (正) 藤本一男 東京防衛施設局 寺島一郎

1. まえがき

砂中埋設鋼管の衝撃応答を検討した代表的な研究として、Bulson¹⁾、藤本²⁾によるショックチューブを用いた衝撃載荷実験と竹田・藤本³⁾による振子式衝撃載荷装置を用いた衝突実験などが挙げられる。前者は地表全面に衝撃波を受ける場合を対象としており、また後者は埋設鋼管の変形がさほど大きくない場合の衝撃応答を検討したものであり、衝突速度がより厳しい場合に発生が予想される高速座屈現象に関しては未だ十分解明されていない。そこで本報告では、2次元土槽を用いて砂中埋設鋼管の重錘落下式衝撃載荷実験を行い、主に高速座屈現象について検討した。

2. 模型実験の概要

(1) 模型管と地盤材料 模型管として、圧力配管用炭素鋼鋼管 (JIS G3454 STPG370) の内面を切削加工して作成した外径 $D=114.3\text{mm}$ 、管厚 $t=1\text{mm}$ の FP (Flexible Pipe)、2mm の MP (Medium Pipe) と 4.9mm の RP (Rigid Pipe) を用いた。図-1 に小型土圧計 (P記号) およびひずみゲージ (G記号) の配置を示す。地盤材料として、気乾状態の豊浦標準砂を用い、模型地盤は図-2 に示す実験土槽 (高さ70cm、幅80cm、奥行き20cm) 内に各層毎に締固めにより作成し、本実験では密詰地盤 ($\rho_s=1.56\text{t/m}^3$) とした。

(2) 載荷方法 実験には重錘落下方式の衝撃載荷装置⁴⁾を用いた。本実験では、模型地盤地表面の中央に設置した載荷板 (厚さ3.2cm、奥行き19cm、幅 $B=22.86\text{cm}$) およびその上に設置したロードセル (容量: 1961kN) に厚さ 10mm のゴム板を介して重錘を衝突させた。重錘の重量は 124kgf とし、落下高さは 0.86m (衝突速度 $v=4\text{m/sec}$)、5.35m ($v=10\text{m/sec}$) および 13.71m ($v=16\text{m/sec}$) の3段階とした。

3. 実験結果と考察

土被り比を $H/D=2$ に固定し、模型管の剛性と衝突速度を各々3段階に変化させた一連の衝撃載荷実験を行った。その結果、FP と MP では衝突速度 $v=10\text{m/sec}$ 以上において、模型管の載荷方向 (鉛直) の偏平率 (変形前の直径に対する直径変化の比率) は 0.2 以上となり、模型管の上半部が凹状に変形する高速座屈現象の発生が認められた。ここでは一例として、衝突速度 $v=16\text{m/sec}$ の場合の MP に対する高速座屈現象の発生メカニズムについて考察を試みる。

(1) 衝撃荷重および変位 図-3 は、衝撃荷重と載荷板の変位 (貫入量) の時刻歴を示したものである。これより、衝撃荷重は尖鋭な波形を示す第1波 (約 5msec まで) とそれ以降の緩やかな波形を示す第2波より成ることがわかる。第1波は、試験体 (土-構造物系)、ロードセルおよび重錘が複合された系として応答するため複雑な波形を示すのに対し、第2波は土-構造物系の全体的弾塑性応答に対応して緩や

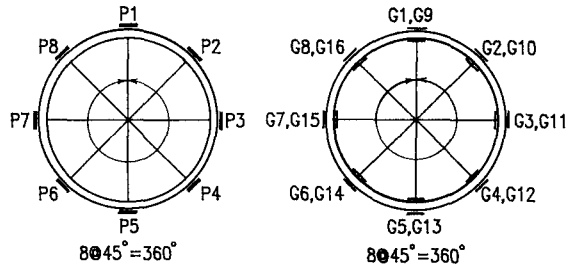


図-1 土圧計とひずみゲージの配置

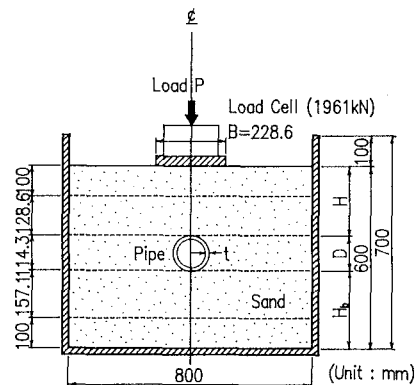


図-2 模型地盤の作成方法

かな波形を示す。

(2) 衝撃土圧およびひずみ

図-4(a)~(c)は、各々管頂、管左側方と管底における衝撃土圧と模型管の外面のひずみの時刻歴を示したものである。これらより、各点における衝撃土圧は衝撃荷重と同様に約4.6 msecまでの第1波とそれ以降の第2波より成ることがわかる。第1波は、重錘の衝突直後に載荷板直下に局所的に発生する応力波であり、第2波は全体的弾塑性応答としての衝撃土圧であると考えられる。

一方、模型管の外面のひずみに関しては、管頂(G1)では約7.5 msecまで急激に増大して $-40,000\mu$ 以上で振り切れており、管左側方(G7)では約7.4 msec

まで急激に増大して約 $15,000\mu$ のひずみが生じていることがわかる。このことは、管頂と管の両側方より上部ではほぼ同時に局部塑性座屈が発生したことを意味しており、管の両側方上部の耐荷力の喪失に伴い頂部が落ち込む形の変形になったものと考えられる。このことから、管上半部では3個の塑性ヒンジが形成された固定アーチに類似した破壊形態になることが認められる。管底(G5)では、ひずみのピークは約 $-8,000\mu$ であり、管下半部において平滑化が幾分認められた。また、各点とも衝撃土圧波形のピークとひずみ波形のピークはほぼ同時に起こっており、これらの位置での衝撃土圧が模型管のひずみと密接な関係があることがわかる。

4. あとがき

本報告では、砂中埋設鋼管の衝撃応答に関して主に高速座屈現象について検討した。砂中埋設鋼管の衝撃応答に及ぼす土被り比、模型管の剛性や衝突速度の影響については現在検討中であり、適当な機会に報告したい。実験に際しては元防衛大学校第37期本科学学生矢田文典君の協力を得たことを付記し、謝意を表する。

(参考文献) 1) Bulson, P.S.: Dynamics of Earth Materials, pp.127~141. 2) 藤本: 構造工学論文集, Vol.31A, pp.439~450, 1985.3. 3) 竹田・藤本・鈴木: 第9回土質工学研究発表会講演集, 177, pp.701~704, 1974.6. 4) 藤本他: 落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, (13), pp.61~64, 1991.3.

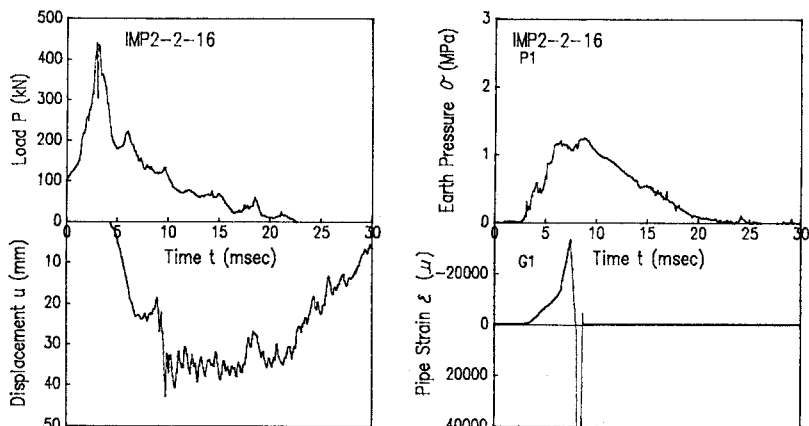
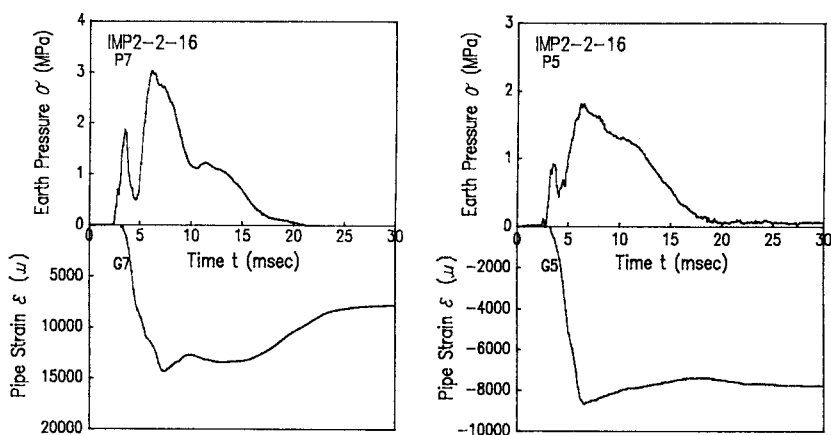


図-3 衝撃荷重と変位の時刻歴

(a) 管頂 (P1, G1)



(b) 管左側方 (P7, G7)

(c) 管底 (P5, G5)

図-4 衝撃土圧とひずみの時刻歴